



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 42 17 007 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁵:
G07 C 3/14
B 21 C 51/00
// G06F 15/46

②1 Aktenzeichen: P 42 17 007.9
②2 Anmeldetag: 22. 5. 92
④3 Offenlegungstag: 25. 11. 93

DE 42 17 007 A 1

⑦1 Anmelder:

Institut Dr. Friedrich Förster Prüfgerätebau GmbH &
Co KG, 72766 Reutlingen, DE

⑦4 Vertreter:

Ruff, M., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Beier, J., Dipl.-Ing.;
Schöndorf, J., Dipl.-Phys.; Mütschele, T.,
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 70173 Stuttgart

⑦2 Erfinder:

Grabner, Alexander, Dipl.-Ing. Dr., 7410 Reutlingen,
DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 34 31 609 C1
DE 41 00 500 A1
DE 30 29 337 A1
DE 29 50 869 A1
DE 29 04 951 A1
DE-OS 26 00 023
DE 25 14 616 A1
FR 26 52 015
SU 14 19 785

SCHÖNBERGER, W.;

u.a.: Mikrorechnergesteuertes

Statistik-Auswertegerät. In: messen + prüfen/
automatik, H.5, Mai 1979, S.373-376;

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur Überwachung und Sicherung der Produktqualität

⑤7 Ein Verfahren zur Qualitätsüberwachung schlägt vor, im kontinuierlichen Betrieb ein Prüfsignal zu erzeugen, es zu digitalisieren und zu logarithmieren und dann eine Häufigkeitsverteilung der Amplitude des Prüfsignals zu berechnen. Die Häufigkeitsverteilung läßt sich dann in einzelnen Bereichen integrieren, wobei das Ergebnis für jeden Bereich ein Merkmal des Prüfsignals bildet. Die Merkmale eines Prüfsignals werden zu Vektoren zusammengefaßt, die zu einer besseren Beurteilung der Qualität der Produktionsanlage dienen können.

DE 42 17 007 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Überwachung der Produktqualität einer Produktionsanlage.

Es ist bekannt, die von einer Produktionsanlage produzierten Gegenstände kontinuierlich zerstörungsfrei zu überprüfen. Dabei werden Wirbelstrom-, Streufluß-, Ultraschall-, Röntgen- und andere physikalische Wirkprinzipien verwendet. Üblicherweise erzeugen die Prüfsysteme analoge Prüfsignale. Diese werden auf Monitoren dargestellt, um die Produktqualität ablesen zu können. Üblicherweise wird ein Schwellenwert angegeben, bei dessen Über- bzw. Unterschreiten ein Alarm oder eine sonstige Fehlermeldung erzeugt wird. Häufig werden auch die Überschreitungen der Grenzwerte gezählt und die Anzahl von Überschreitungen als Qualitätsmaß oder Fehlermaß verwendet.

Bei diesen bekannten Verfahren kann jeweils nur berücksichtigt werden, ob ein Schwellenwert überschritten ist oder nicht. Es können daher kleinere Signale, die unterhalb der festgelegten Schwellenwerte liegen, nicht berücksichtigt werden. Es wird daher ein Teil des Informationsgehalts der Prüfsignale nicht berücksichtigt. So kann z. B. ein langsamer Anstieg von Fehlern vor Erreichen des Schwellenwerts nicht erfaßt oder verfolgt werden. Gerade dieses Verhalten wäre aber von großer Bedeutung, wenn man das zukünftige Verhalten beschreiben will, also beispielsweise sagen können will, daß in Kürze möglicherweise die Produktionsanlage fehlerhaft arbeiten wird. Beispielsweise lassen sich die sich häufig nur in der Struktur des sogenannten Störsignals abbildenden geringfügigen Rauigkeitsunterschiede der Materialoberflächen oder unterschiedliche chemische Zusammensetzungen nicht erkennen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, daß eine empfindlichere und objektive Aussage über die Qualität und die Veränderung der Qualität des Produkts ermöglicht.

Zur Lösung dieser Aufgabe schlägt die Erfindung ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 vor. Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die Erfindung schlägt ebenfalls eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 12 vor.

Die Erfindung ermöglicht es, durch Berücksichtigung auch kleinster Signalamplituden und deren Schwankungen eine hohe Empfindlichkeit bei der Qualitätsprüfung zu erreichen und schafft die Möglichkeit, objektiv aus der Statistik des Prüfsignals abgeleitete Zahlenwerte als qualitätsbeschreibende Kenngrößen, auch Merkmale genannt, herzuleiten. Diese in digitaler Form vorliegenden Merkmale machen es möglich, die Produktqualität auch zeitlich zu verfolgen und so Änderungen der Produktqualität in ihrem Trend festzuhalten. Eine statistische Auswertung der Merkmale ist ebenfalls möglich. Durch das Vorliegen der Merkmale ist eine leichte Kopplung an einen Computer, beispielsweise an einen übergeordneten Prozeßrechner möglich. Die Ergebnisse lassen sich als Balkendiagramm oder in sonstiger Weise auf einen Monitor darstellen, ggf. direkt im Vergleich mit einem Sollvektor.

Die Erfindung schlägt in Weiterbildung vor, daß die Amplitudenhäufigkeitsverteilung vor dem Ableiten der Merkmale logarithmiert wird. Auf diese Weise läßt sich die Bedeutung von Ereignissen mit geringer Häufigkeit, die aber große Fehler darstellen, besser hervorheben.

In Weiterbildung kann vorgesehen sein, daß die

Merkmale durch abschnittsweise Integration der Amplitudenhäufigkeitsverteilung bestimmt werden. Diese Integration kann durch Summenbildung über Bereiche der Häufigkeitsverteilung mit bestimmten Grenzen erfolgen. Diese Grenzen können je nach Art der Anlage, des Überwachungsproblems und der gewünschten Genauigkeit festgelegt oder auch verändert werden.

Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, daß die Amplitudenverteilung während der Auswertung der Merkmale zwischengespeichert wird. Damit ist dann eine kontinuierliche Anzeige möglich, wobei immer dann, wenn eine neue Auswertung erfolgt ist, das Bild an dem Bildschirm umschaltet.

Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, daß der ermittelte Merkmalsvektor optisch bzw. graphisch angezeigt wird, insbesondere zusammen mit einem Sollvektor.

Was bislang für die Verarbeitung eines einzelnen Prüfsignals angegeben wurde, läßt sich insbesondere auch in gleicher Weise für zwei oder auch mehr Prüfsignale durchführen. Eine Multiplexer-Einrichtung kann dafür sorgen, daß alle Prüfsignale quasi gleichzeitig verarbeitet und angezeigt werden können.

Die Erfindung schlägt in Weiterbildung vor, daß zusätzlich mindestens ein den Zustand der Produktionsanlage darstellendes Prozeßsignal erfaßt und in gleicher Weise verarbeitet wird wie das Prüfsignal. Es ist auch denkbar, ein Verfahren zur Überwachung der Produktionsanlage ausschließlich mit Prozeßsignalen durchzuführen, die in ähnlicher Weise verarbeitet werden wie dies oben für das Produktsignal beschrieben wurde.

Erfindungsgemäß kann in Weiterbildung vorgesehen sein, daß der Merkmalsvektor des Prüfsignals und der Merkmalsvektor des Prozeßsignals statistisch ausgewertet, überprüft und auf Vorliegen von Korrelationen untersucht werden. Auf diese Weise wird es möglich, nach Gemeinsamkeiten in den Merkmalsvektoren zu suchen, um ggf. auf diese Weise die Fehlerursachen direkt finden und in ihrem Frühstadium beseitigen zu können.

Als Prozeßsignal können beispielsweise Vibrationen, Temperaturen oder auch Stromaufnahmen verwendet werden.

Die Erfindung schlägt in Weiterbildung vor, daß die Merkmalsvektoren gespeichert und aus einem Vergleich eine Aussage über einen Trend abgeleitet wird.

Beispielsweise kann erfindungsgemäß vorgesehen sein, über eine bestimmte Losgröße für jedes Merkmal den Mittelwert und die Standardabweichung zu ermitteln und festzuhalten. Wenn es sich bei dem Produkt, dessen Qualität überwacht werden soll beispielsweise um ein Blech handelt, so wird die Größe bzw. Länge des Bleches als Losgröße verwendet. Man hat dann aufgrund der Speicherung dieser genannten Werte eine dem Blech direkt zugeordnete Aussage über die Qualität des Bleches, die als Herstellungsprotokoll ausgedruckt und dem Abnehmer des Bleches mitgegeben werden kann. Der Empfänger des Bleches erhält also nicht nur eine Aussage, daß das Blech die erforderliche Qualität aufweist, sondern auch eine Aussage über die Abweichungen von dem Sollwert über die gesamte Größe des Bleches.

In nochmaliger Weiterbildung kann vorgesehen sein, daß eine derartige Ermittlung über größere Abstände durchgeführt wird, um daraus eine Aussage über die Prozeßfähigkeit der Vorrichtung zu machen. Diese Abstände können beispielsweise groß gegenüber der Losgröße sein.

Zur besonders einfachen Ablesemöglichkeit kann vorgesehen sein, daß dann, wenn der Wert eines Merkmals einen bestimmten Grenzwert überschreitet, der auf dem Bildschirm als Balken dargestellte Merkmalswert anders angezeigt wird, beispielsweise durch eine Änderung einer Schraffur oder eines Grautons des Balkens, insbesondere aber durch einen Farbumschlag in eine auffällige Farbe. Sobald der Wert wieder unterschritten wird, erfolgt eine Änderung der Anzeige in umgekehrter Richtung.

Die von der Erfindung vorgeschlagene Vorrichtung ist so aufgebaut, daß sie die eingangs genannten Verfahrensschritte durchführen kann.

Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorzüge der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen, der folgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform sowie anhand der Zeichnung. Die Ausführungsform beschreibt die Anwendung des Verfahrens bei dem Überwachen der Qualität des Produkts einer Drahtwalzstraße, wobei das Prüfsignal beispielsweise als Wirbelstromsignal erzeugt wird. Dies ist aber nur ein mögliches, bevorzugtes Anwendungsbeispiel, das im Hinblick auf andere Arten von Produktionsanlagen im Rahmen der Erfindung abgeändert werden kann. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild einer Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens;

Fig. 2 in zeitgestrecktem Maßstab den Verlauf des Prüfsignals;

Fig. 3 die Amplitudenhäufigkeitsverteilung des Prüfsignals;

Fig. 4 die logarithmierte Amplitudenhäufigkeitsverteilung des Prüfsignals;

Fig. 5 die Summenhäufigkeitswerte der Verteilung über bestimmte Bereiche;

Fig. 6 eine mögliche graphische Anzeige eines Merkmalsvektors im Vergleich zu einem Sollvektor;

Fig. 7 eine dreidimensionale Darstellung der Merkmalsvektoren über einen bestimmten Zeitraum.

Fig. 1 zeigt in einem Blockschaltbild die Anwendung des Verfahrens an einer Drahtwalzstraße, mit der ein Draht hergestellt wird. Letzter Teil dieser Drahtwalzstraße ist ein Walzgerüst 1, das der Draht 2 verläßt. Der Draht 2 wird dann durch eine Wirbelstromdurchlaufspule 3 hindurchgeführt und anschließend gekühlt. In der Wirbelstromspule 3 wird ein Prüfsignal aufgrund eines gemessenen Wirbelstroms erzeugt. Zu der Wirbelstromspule gehört das Prüfgerät 4. Das erzeugte Prüfsignal bzw. die erzeugten Prüfsignale liegen in Form eines analogen Spannungssignals vor. Dieses analog vorliegende Spannungssignal wird über eine Multiplexereinheit 5 an einen Analogdigitalwandler 6 gelegt. In diesem wird das Signal digitalisiert. Anschließend gelangt es an einen Signalprozessor 7, der die Auswertung und Verarbeitung des Prüfsignals durchführt. Der Signalprozessor ist mit einem Computer 8 verbunden, der zur Steuerung und Durchführung weiterer Vorgänge verwendet werden kann. Insbesondere enthält der Computer ein Datensichtgerät 9 und eine weitere Ausgabereinheit 10. Auf dem Bildschirm 9 läßt sich das Prüfsignal in der von der Erfindung vorgeschlagenen Form darstellen, insbesondere im Vergleich mit einem Sollqualitätssignal. Es ist selbstverständlich möglich, über eine entsprechende Programmierung des Computers dafür zu sorgen, daß auch Merkmalsvektoren anderer Prüfsignale oder sonstige statistische Angaben angezeigt werden können.

Für weitere Zwecke kann vorgesehen sein, daß sich die Ergebnisse auch ausdrucken lassen, beispielsweise

mit Hilfe der Ausgabereinheit 10.

Fig. 2 zeigt nun den Verlauf des Prüfsignals als Spannung gegenüber der Zeit. Die geringen Abweichungen gegenüber einer erkennbaren Normallinie stellen den fehlerfreien Draht dar, während Ausschläge nach beiden Seiten Fehlerstellen anzeigen.

Fig. 3 zeigt die von dem Signalprozessor 7 ermittelte Häufigkeitsverteilung, wobei auf der Abszisse der Meßwert des Prüfsignals aufgetragen ist, also beispielsweise eine Spannung in Volt, während die Ordinate die Anzahl der Amplituden innerhalb der Meßzeit darstellt. Wie nicht anders zu erwarten ist, liegt ein scharfes Maximum der Häufigkeitsverteilung bei dem Wert, der dem fehlerfreien Draht entspricht. Es ist aber zu sehen, daß beidseits des steilen Abfalls noch kleine lokale Spitzen vorhanden sind, die eine Fehlererscheinung anzeigen können. Um diese Ereignisse, die selten auftreten, aber einen Fehler kennzeichnen, deutlicher berücksichtigen zu können, bildet der Signalprozessor den Logarithmus der Häufigkeitsverteilung, der in Fig. 4 dargestellt ist.

Der Spannungsbereich wird nun in einzelne Bereiche aufgeteilt, beispielsweise in den Bereich von a nach b in Fig. 4. Über diese Bereiche erfolgt nun jeweils eine Integration der Häufigkeitsverteilung, und die sich daraus ergebenden Werte nämlich die Häufigkeitswerte innerhalb der Bereiche, sind in Fig. 5 dargestellt. Diese in Fig. 5 dargestellten Werte stellen nun die Merkmale des Prüfsignals dar. Man kann durch Auswahl der Größe der Bereiche, über die integriert wird, die Zahl der Merkmale und damit die Genauigkeit definieren. Dies kann je nach Einzelfall und Erfordernissen durchgeführt werden. Die den Amplituden der Balken in Fig. 5 entsprechenden Werte stellen somit die Komponenten des Merkmalsvektors dar. Auf dem Datensichtgerät 9 der Fig. 1 können nun diese Merkmale jeweils eines Vektors beispielsweise als Balkendiagramm dargestellt werden, siehe Fig. 6. In Fig. 6 stellen die etwas breiteren freibleibenden Balken die Merkmale des Vektors des Prüfsignals dar, während zum Vergleich etwas schmalere und schraffiert die Merkmale eines Sollvektors dargestellt sind. Fig. 6 könnte beispielsweise direkt das auf einem Monitor erscheinende Bild sein. In Fig. 6 beschreiben die rechts zu sehenden Merkmale einen Fehler.

Die Merkmalsvektoren werden mit gewissem zeitlichen Abstand graphisch dargestellt. Es ist nun möglich, aufgrund des Vorliegens der Merkmale als Zahlen die Merkmalsvektoren mit geringem Aufwand zu speichern und dadurch einen Trend darzustellen. Eine derartige Darstellung ist in Fig. 7 versucht, wo der rechts zu sehende Pfeil 11 die positive Zeitachse darstellen soll. Es sind also einzelne Merkmalsvektoren als Balkendiagramme von hinten nach vorne fortlaufend dargestellt. Es läßt sich auf einen Blick feststellen, daß die Merkmalsvektoren zum Zeitpunkt T1, T4 und T5 Fehler abbilden.

Was in Bezugnahme auf die Fig. 2 bis 7 für die Merkmalsvektoren des Prüfsignals dargestellt und beschrieben wurde, läßt sich auch für Prozeßsignale durchführen, d. h. für Signale, die sich aus irgendeinem Zustand der Produktionsanlage ableiten lassen. Dies ist in Fig. 1 schematisch dadurch dargestellt, daß auch ein Prüfgerät 12 für das Walzgerüst dargestellt ist. Dieses Prozeßsignal wird in gleicher Weise mit ähnlichen Einrichtungen 13 bis 15 aufbereitet und dem Computer 8 zugeführt. Wenn man über eine gewisse Zeit auch Merkmalsvektoren von Prozeßsignalen speichert und statistisch bewertet, so kann man die Signale auf eine Korrelation zwi-

schen Prozeßsignalen und Prüfsignalen untersuchen. Es ist auf diese Weise möglich, zu untersuchen, welche Prozeßsignale und Prüfsignale zusammenhängen. Dann kann man ggf. auf einen ursächlichen Zusammenhang schließen.

Aufgrund des Vorliegens von Merkmalsvektoren in digitalisierter Form lassen sich statistische Auswertungen der unterschiedlichsten Art durchführen. Durch die Ermittlung und Aufzeichnung der Mittelwerte und Standardabweichungen aller Merkmale für eine bestimmte Losgröße, die je nach Werkstück gewählt wird, lassen sich Aussagen über die Qualität des Werkstücks machen, die weit über die Beantwortung der Frage hinausgehen, ob die Qualität ausreicht oder nicht. Dem Bezieher eines Werkstücks, beispielsweise eines Bleches einer bestimmten Größe, kann ein Qualitätsprotokoll mitgegeben werden, aus dem er die Qualität praktisch an jeder Stelle des Bleches ersehen kann. Durch Mittelwertbildungen und Berechnungen von Standardabweichungen über längere Zeiträume läßt sich eine Aussage über die Prozeßfähigkeit der Herstellungsanlage durchführen, d. h. eine Aussage darüber, ob die Produktionsanlage in der Lage ist, die Produktqualität zu erfüllen. Es lassen sich auf diese Weise Grundlagen dafür ermitteln, ob und ggf. auch welche Korrekturmaßnahmen an der Produktionsanlage durchgeführt werden müssen, damit im Endergebnis ein qualitativ hochwertiges Produkt gewährleistet wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung der Produktqualität einer insbesondere kontinuierlich arbeitenden Produktionsanlage, bei dem

- 1.1 mindestens ein Prüfsignal für das Produkt erzeugt wird,
- 1.2 das Prüfsignal digitalisiert wird,
- 1.3 aus dem digitalisierten Prüfsignal eine Häufigkeitsverteilung bestimmt wird,
- 1.4 aus der Häufigkeitsverteilung Merkmale für die Produktqualität abgeleitet werden,
- 1.5 die Merkmale zu einem Merkmalsvektor zusammengefaßt werden, und
- 1.6 der Merkmalsvektor zur Bestimmung der Produktqualität mit einem Sollvektor verglichen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Amplitudenhäufigkeitsverteilung vor dem Ableiten der Merkmale logarithmiert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Merkmale durch abschnittsweise Integration der Amplitudenhäufigkeitsverteilung bestimmt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem die Integration durch Summenbildung über Bereiche der Häufigkeitsverteilung mit bestimmten Grenzen erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem die Grenzen der Bereiche verändert werden können.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Meßwerte zwischengespeichert werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der ermittelte Merkmalsvektor optisch bzw. graphisch angezeigt wird, insbesondere zusammen mit dem Sollvektor.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem mit Hilfe eines Multiplexers (5, 13) gleichzeitig Merkmalsvektoren mehrerer Prüfsi-

gnale bestimmt werden.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem mindestens ein den Zustand der Produktionsanlage darstellendes Prozeßsignal erzeugt und in ähnlicher Weise bearbeitet wird wie das Prüfsignal.

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem der Merkmalsvektor des Prüfsignals und der Merkmalsvektor des Prozeßsignals korrelativ verknüpft werden.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Merkmalsvektoren laufend gespeichert werden und aus dem Vergleich der Merkmalsvektoren untereinander eine Aussage über einen Trend abgeleitet wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem für jedes Merkmal über eine bestimmte, insbesondere einstellbare, Losgröße der Mittelwert und die Standardabweichung ermittelt und festgehalten werden.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem für jedes Merkmal über große zeitliche Abstände der Mittelwert und die Standardabweichung ermittelt und festgehalten werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 13, bei dem dann, wenn ein Merkmalswert einen vor-eingestellten Wert überschreitet, eine Änderung der Anzeige des Merkmals erfolgt, insbesondere eine Änderung der Farbe des dargestellten Balkens.

15. Vorrichtung zur Überwachung der Produktqualität einer Produktionsanlage, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit

- 15.1 einem Prüfgerät (4) zum Erzeugen eines Prüfsignals für das Produkt,
- 15.2 einem Signalprozessor (7),
- 15.3 einem Analogdigitalwandler (6, 14),
- 15.4 einem Multiplexer (5, 13),
- 15.5 einer Logarithmierschaltung sowie
- 15.6 einer Auswerteinrichtung sowie
- 15.7 einer Anzeigeeinrichtung für das ausgewertete Prüfsignal.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, bei dem der Signalprozessor (7) zwei im Wechsel betriebene Speicher für das Meßsignal und/oder die Amplitudenhäufigkeitsverteilung des Prüfsignals aufweist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 15 oder 16 mit einem Anschluß für einen Computer (8).

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 17, mit einem Anschluß für eine optische und/oder akustische Frühwarnrichtung.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

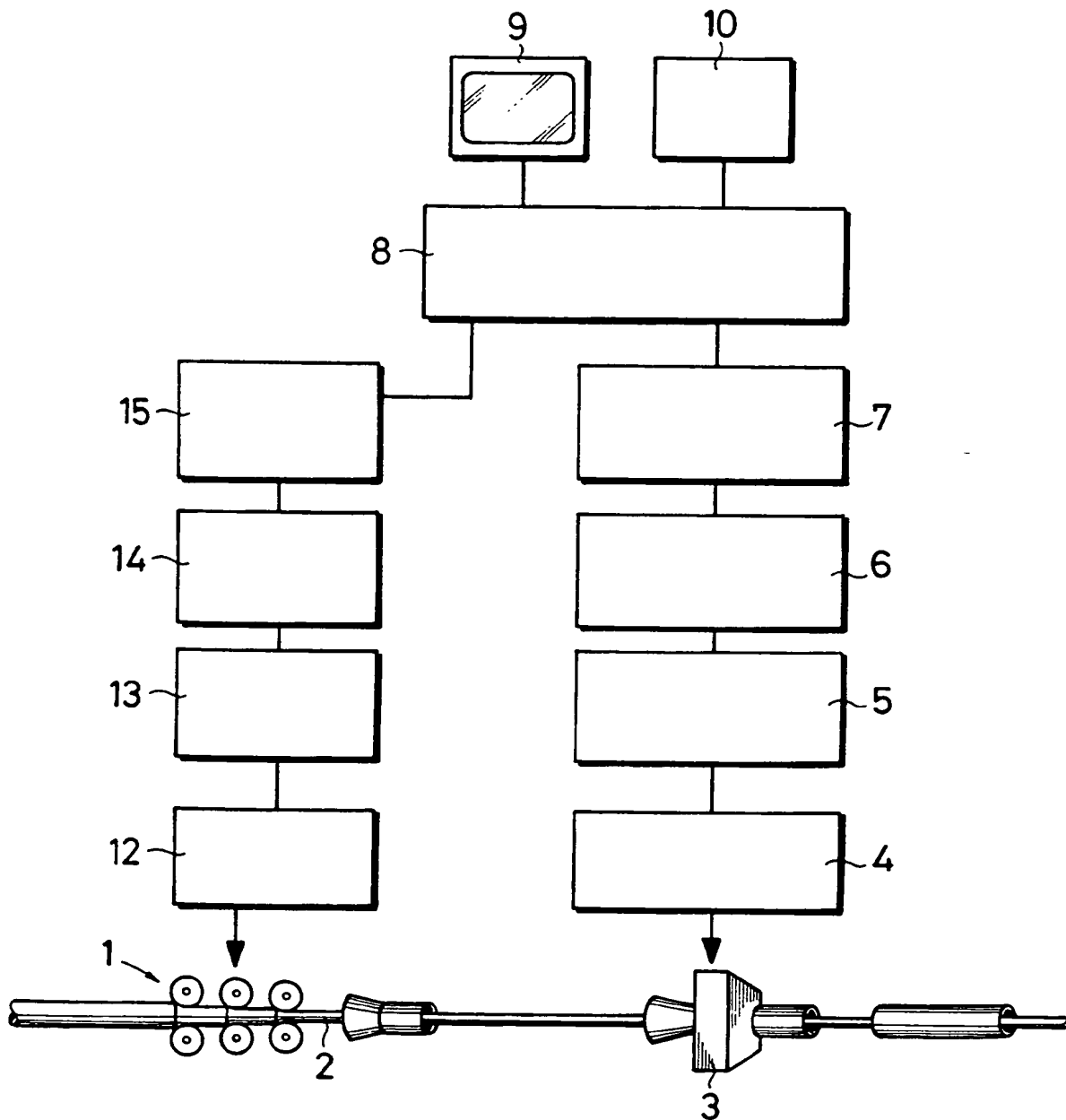


FIG.1

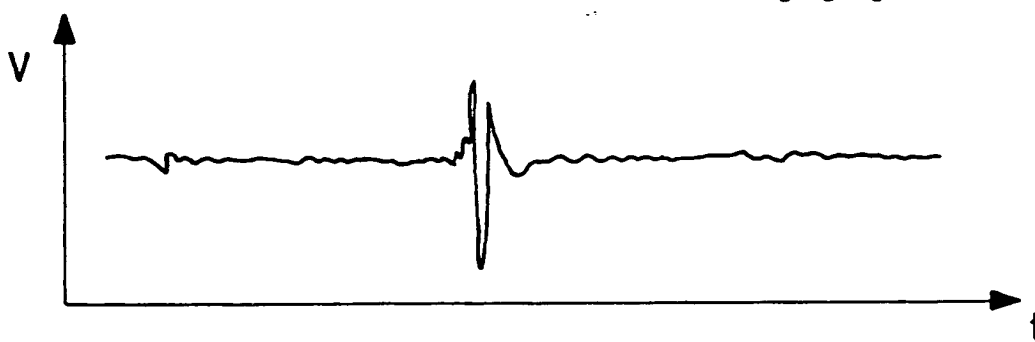


FIG. 2

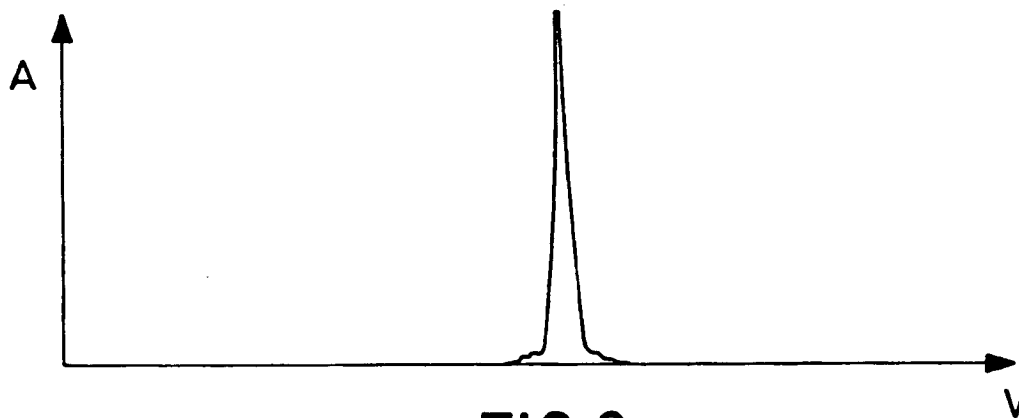


FIG. 3

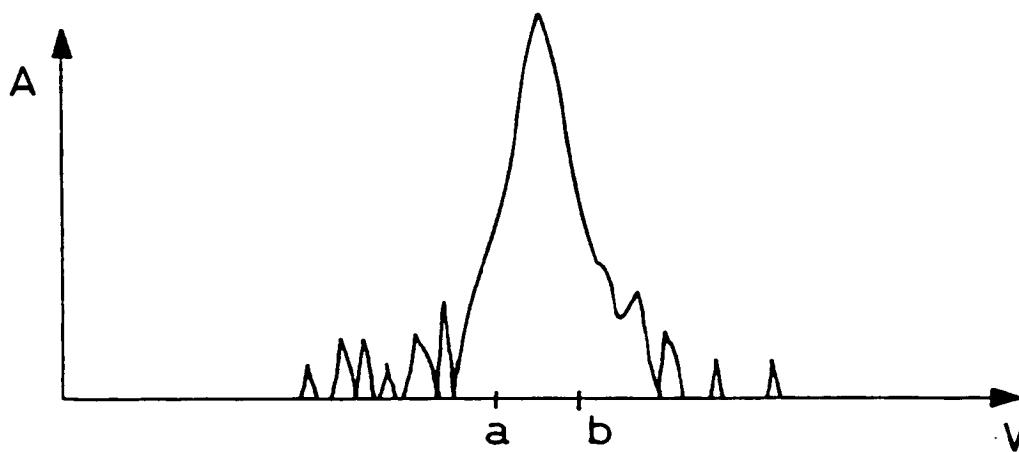


FIG. 4



FIG. 5

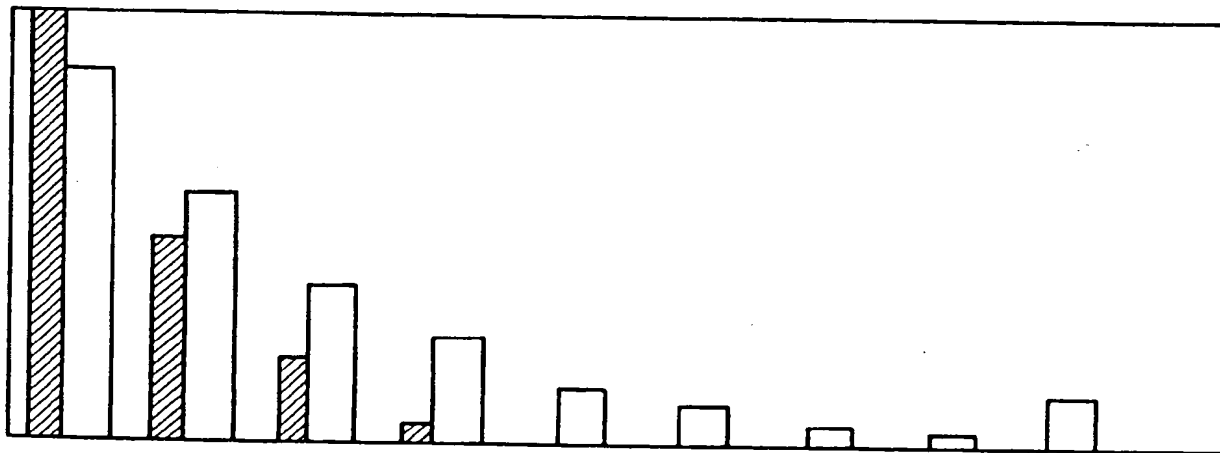


FIG. 6

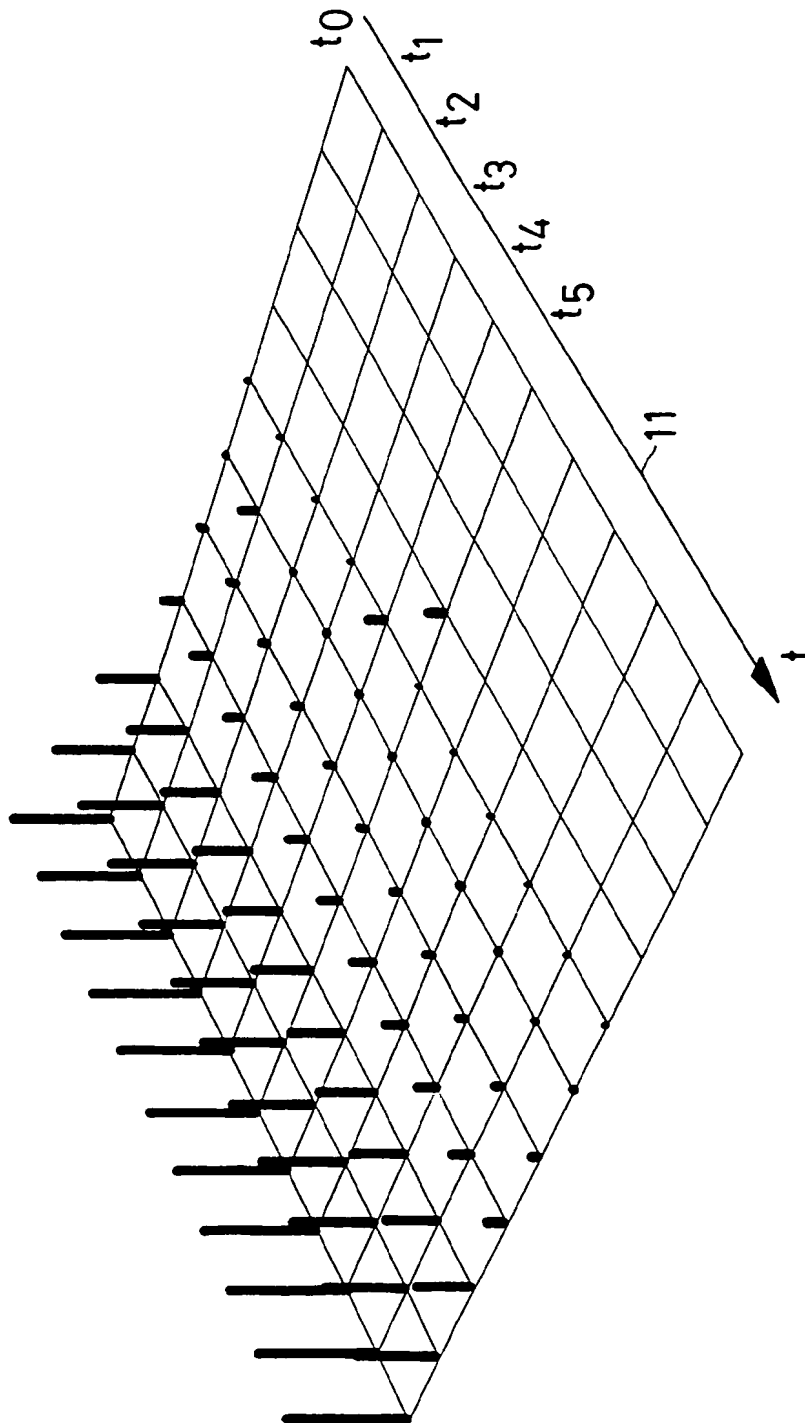


FIG. 7